مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۲، شماره ۲، سال ۱۳۹۵

ارزیابی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش و بدون تنش خشکی در مرحله زایشی

Evaluation of Agro-Physiological Traits of Bean Genotypes Under Drought Stress and Non-Stress Conditions at Reproductive Stage

ناهید بیگ‌زاده[۱] و ورهرام رشیدی[۲]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه اصلاح نباتات، تبریز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۹

چکیده

بیگ‌زاده، ن. و رشیدی، و. ۱۳۹۵. ارزیابی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ های لوبیا در شرایط تنش و بدون تنش خشکی در مرحله زایشی. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۲:** ۲۳۰-۲۱۵.

به منظور ارزیابی هشت ژنوتیپ لوبیا از نظر تحمل به خشکی، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز انجام شد. تنش خشکی در مرحله پرشدن غلاف به صورت قطع آبیاری به مدت دوهفته اعمال شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد‌که بین ارقام مورد بررسی از نظر مقاومت روزنه‌ای، تعداد نیام دربوته، وزن نیام خشک در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن خشک بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه تک بوته، عملکرد بیولوژیک تک بوته و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱درصد و از نظر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بالاترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داربا عملکرد مربوط به صفت وزن نیام خشک در بوته بود ($r = 0/89$). تجزیه رگرسیونی برای عملکرد، تعداد دانه در نیام، وزن صددانه، شاخص سطح برگ و وزن نیام خشک در بوته به عنوان صفات تاثیرگذار وارد مدل شدند. تجزیه علیت برای عملکرد دانه نشان داد که تعداد دانه در نیام، وزن نیام خشک در بوته، وزن صد دانه و شاخص سطح برگ به ترتیب بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه داشتند. حداکثر سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی، مربوط به رقم قرمزگلی بود. متحمل‌ترین ژنوتیپ بر اساس شاخص‌های GMP، MP، STI و نیز رقم قرمزگلی ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون، تجزیه علیت، تحمل به خشکی، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، لوبیا.

نویسنده مسئول: rashidi.varahram@gmail.com تلفن: ۰۹۱۴۱۱۱۳۹۶۵

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات است که در دنیای جدید یکی از منابع مهم پروتئینی و کالری در تغذیه انسان محسوب می‌شود (Graham and Ranalli, 1997). در حال حاضر سطح زیر کشت این گیاه درجهان روبه افزایش است (Hungria *et al*., 2000). حدود ۶۰ در صد محصول لوبیا در کشورهای در حال توسعه در شرایط تنش خشکی تولید می‌شود (Costa-Franca *et al*., 2000). در ایران نیز به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه برخوردار از آب و هوای خشک و نیمه خشک، این گیاه در بین حبوبات بعد از نخود و عدس بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. به همین دلیل شناسایی روش های بهبود عملکرد این گیاه و بهره گیری از عوامل تولید با توجه به قرارگیری کشور در این شرایط درکنار انتخاب رقم مناسب اهمیت زیادی دارد (Koocheki and Banayaneaval, 1995). به طور کلی، ماده خشک تولیدی گیاه را می‌توان به وسیله شاخص‌هایی مانند سرعت رشد نسبی مورد ارزیابی قرار داد (Karimi and Siddique, 1991). رشد مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک خاص است که اثر متقابل بر یک‌دیگر داشته و تحت تاثیر عوامل محیطی مختلف از جمله تنش خشکی قرار می گیرند (Latifi, 1994).یکی از اهداف اصلاح نباتات، افزایش عملکرد اقتصادی در شرایط تنش خشکی است. عملکرد دانه به عنوان مهم‌ترین شاخص انتخاب ارقام مقاوم به خشکی، تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی زیادی قرار دارد و به همین دلیل، انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را دشوار ساخته است (Debaeke and Abdellah, 2004). خشکی خطری جدی برای تولید محصولات زراعی از جمله لوبیا است (Blum, 1988). اثر خشکی از نظر نحوه عمل پیچیده بوده و عوامل و شرایط مختلف در میزان وقوع آن اثرگذارند. کیفیت و عملکرد دانه لوبیا به طور معنی‌داری تحت تأثیر مدت زمان کم آبی است (Halterlein, 1983). تنش خشکی، خصوصاً در مرحله رشد زایشی، سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Graharm and Ranalli, 1997). یکی از راه‌های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است و شناخت این موضوع که هر یک از گیاهان یا ژنوتیپ‌ها چگونه با تنش مقابله می‌کنند، حائزاهمیت است (Koocheki *et al*., 2006). این پژوهش به منظور ارزیابی تاثیر تنش خشکی در مرحله زایشی ژنوتیپ‌های لوبیا، شناسائی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و تعیین روابط میان عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی و برخی صفات فیزیولوژیک اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی واکنش هشت ژنوتیپ لوبیا

به شرایط تنش و بدون تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز اجرا شد. این محل با ۱۳۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا ی آزاد در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی قرار گرفته است. منطقه مورد نظر جز مناطق نیمه خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است. تیمارها شامل آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح تنش در زمان پرشدن غلاف و شاهد (بدون تنش) و ژنوتیپ‌های لوبیا به عنوان عامل فرعی در هشت سطح بودند. این ژنوتیپ‌ها عبارت بودند از K85(V1)، R89(V2)، K64(V3)، K69(V4)، قرمز گلی (V5)، صدری (V6)، پاک (V7) و درسا (V8) که ازموسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده و از نوع لوبیا چیتی بودند. به منظور کنترل علف‌های هرز، ابتدا در زمین آزمایشی عمل شخم زنی انجام شد، سپس برای خرد شدن کلوخه‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله زده شد و مزرعه به صورت جوی و پشته در آمد. در تاریخ ۲۱ اردیبهشت بذر هر یک از ژنوتیپ‌ها بر روی سه خط به طول دو متر و با فاصله خطوط ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بذر بر روی خطوط ۱۵ سانتی‌متر و عمق بذر حدود سه سانتی‌مترکاشته شد. به منظور برآورد بدون اریب میانگین تیمارها و اشتباه آزمایشی، تیمارها به صورت تصادفی در واحدهای آزمایشی توزیع شدند. آبیاری هر هفته یک بار به صوررت جوی و پشته انجام شد. پس ازکاشت و استقرار بوته‌ها، با توجه به تراکم بالای علف‌های هرز در مزرعه عملیات وجین چندین بار تا پایان دوره رشد گیاه ادامه یافت. از کود اوره به صورت سرک در مرحله رشدی استفاده شد. در مرحله پرشدن غلاف برای تیمار تنش خشکی آبیاری به طور کامل قطع شد. نمونه‌برداری‌های لازم برای اندازه‌گیری صفاتی نظیر سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول انجام شد. عملیات برداشت نیز در چندین مرحله به علت زمان رسیدگی متفاوت ژنوتیپ‌ها انجام شد. میزان کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل‌ها مطابق فرمول‌های آرنون (Arnon, 1949) محاسبه شد:

Chl a$(mg\ g^{-1}) = [(12.7\times A663)-(2.6\times A645)]\times$ ml بافت برگی در میلی‌گرم استون

Chl b$(mg\ g^{-1}) = [(22.9\times A645)\times-(4.68\times A663)]\times$ml بافت برگی در میلی‌گرم استون

Total chl = Chl a + Chl b

محتوای رطوبت نسبی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$RWC = \frac{\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}}{\text{وزن اشباع} - \text{وزن خشک}} \times ۱۰۰$$

شاخص سطح برگ نیز با استفاده از روش وزنی و تناسب محاسبه شد:

$$\frac{LAI}{\text{وزن کل برگ بوته}} = \frac{\text{تعداد دیسک} \times \text{مساحت دیسک}}{\text{وزن دیسک}}$$

برای محاسبه سرعت رشد نسبی از رابطه زیر استفاده شد (Sajedi and Ardakani, 2008):

$$RGR = \frac{dw}{w} \times \frac{1}{dt}$$

که در آن dw: اختلاف وزن خشک (وزن خشک در نمونه‌برداری دوم - وزن خشک در نمونه‌برداری اول) بر حسب گرم، w: وزن خشک در نمونه‌برداری دوم برحسب گرم و dt: اختلاف زمان بر حسب روز هستند.

سرعت رشد محصول نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Sajedi and Ardakani, 2008):

$$CGR = \frac{dw}{dt} \times \frac{1}{GA}$$

که در آن dw: اختلاف وزن خشک (وزن خشک در نمونه‌برداری دوم- وزن خشک در نمونه‌برداری اول) بر حسب گرم، dt : اختلاف زمان بر حسب روز و GA: مساحت زمین بر حسب مترمربع (یک مترمربع در نظر گرفته شد) هستند.

تعداد روزنه در سطح رویین و زیرین برگ، مقاومت روزنه‌ای (توسط دستگاه پرومتر اندازه‌گیری شد)، تعداد نیام در بوته، وزن نیام خشک در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن خشک بوته (در زمان رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد)، وزن صددانه، عملکرد دانه تک بوته، عملکرد بیولوژیک تک بوته، شاخص سطح برگ (دو هفته بعد از اعمال تنش) و شاخص برداشت نیز اندازه‌گیری شدند. صفات مورد اندازه‌گیری در پنج بوته اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها مدنظر قرار گرفت. تعداد مشاهده یا n برای تجزیه همبستگی و تجزیه رگرسیون ۲۴ بود و این تجزیه‌ها به دلیل غیرمعنی‌دار بودن اثر متقابل تنش و ژنوتیپ در در متوسط شرایط تنش خشکی انجام شد. شاخص‌های رشدی RGR و CGR محاسبه شدند. شاخص‌های تحمل به خشکی برای معرفی متحمل‌ترین ژنوتیپ و نیز تعیین بهترین شاخص‌ها محاسبه شدند. داده‌های حاصل از این آزمایش با کمک نرم‌افزارهای SAS، SPSS و MSTAT- C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای مقایسه میانگین از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس: نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) برای صفات لوبیا نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات مقاومت روزنه‌ای، تعداد نیام در بوته، وزن نیام خشک در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن خشک بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه تک بوته، عملکرد بیولوژیک تک بوته و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد و از نظر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت که نشان دهنده تنوع زیاد بین این صفات در ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود.

مقایسه میانگین صفات: با توجه به معنی‌دار بودن اختلاف‌های بین ژنوتیپ‌ها، مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام و مشاهده شد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ قرمزگلی (۱۸/۸۸ گرم بر بوته) و کمترین مقدار مربوط به ژنوتیپ R89 (۵/۳۳ گرم بر بوته) بود (جدول ۲). با اعمال تنش آبی، عملکرد دانه به صورت معنی‌دار تحت تاثیر قرار گرفت، به طوری که در شرایط تنش خشکی در مرحله زایشی با ۹/۶۶ گرم در بوته نسبت به شرایط بدون تنش با ۱۷/۳۳ گرم در بوته کاهش معنی‌دار داشت. تنش رطوبتی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه لوبیا می‌شود، البته مقدار کاهش عملکرد بسته به زمان، شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد مطالعه متفاوت است (Fraham *et al.*, 2004). همان طور که مشاهده می‌شود در مورد صفاتی مانند تعداد نیام در بوته، وزن خشک بوته، عملکرد بیولوژیک تک بوته و شاخص سطح برگ نیز بیشترین مقدار مربوط به رقم قرمز گلی بود.

همبستگی ساده بین صفات: ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه (جدول ۳) نشان داد که عملکرد دانه تک بوته با صفات تعداد نیام در بوته، وزن نیام خشک در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن خشک بوته در سطح احتمال ۱درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت و بیشترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه تک بوته با صفت وزن نیام خشک در بوته بود (r = ۰/۸۹۱). دورسون (Dursun, 2007) در مطالعه خود روی ژنوتیپ‌های لوبیا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد نیام در گیاه، وزن نیام و تعداد دانه در نیام با عملکرد گزارش کرد.

تجزیه رگرسیون و علیت: نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام، با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل نشان داد که صفات تعداد دانه در نیام، وزن صددانه، شاخص سطح برگ و وزن نیام خشک در بوته وارد مدل شدند به طوری که ۹۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه توسط این چهار صفت قابل توجیه بود (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه علیت (جدول ۵) نشان داد که صفت تعداد دانه در نیام بیشترین اثر مستقیم را داشت (۰/۴۴۸) که نشانه اهمیت این صفت در افزایش عملکرد است. در

جدول ۱ - تجزیه واریانس صفات زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیا

Table 1. Analysis of variance of agronomic and physiological traits of bean genotypes

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	MS میانگین مربعات							
			تعداد روزنه در سطح رویین برگ Number of stoma on the upper leaf surface	تعداد روزنه در سطح زیرین برگ Number of stomata on the underside of leaf	مقاومت روزنه‌ای Stomata resistance	تعداد نیام در بوته Pod umber per plant	وزن نیام خشک در بوته Weight of dry pod per plant	تعداد دانه در نیام Seed number per pod	وزن خشک بوته Dry weight of plant	وزن صد دانه 100-seed weight
Replication (R)	بلوک	2	255.81^{ns}	733.89*	82.98^{ns}	671.70^{ns}	1939.47^{ns}	1781.77^{ns}	659.17^{ns}	200.68^{ns}
Stress (S)	تنش	1	10121.02^{ns}	7129.68**	1793.28*	1312.83*	2549.45^{ns}	4563.39*	1916.22*	416.59^{ns}
Error a	خطای اول	2	757.89	28.31	23.51	41.59	150.36	193.95	69.90	122.63
Genotype (G)	ژنوتیپ	7	637.87^{ns}	361.758^{ns}	360.35**	593.58**	489.35**	3073.22**	1918.78**	1717.75**
S × G	تنش × ژنوتیپ	7	593.35^{ns}	104.49^{ns}	38.41^{ns}	84.28^{ns}	105.70^{ns}	188.41^{ns}	68.06^{ns}	92.33^{ns}
Error b	خطای دوم	28	568.33	276.91	85.87	57.08	115.38	169.84	72.31	306.05
CV. (%)	درصد ضریب تغییرات	2	51.06	24.69	37.27	35.20	36.14	24.31	30	40.39

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	MS میانگین مربعات							
			عملکرد دانه تک بوته Seed yield per plant	عملکرد بیولوژیک تک بوته Biological yield per plant	میزان کلروفیل a Chlorophyll a (chl-a)	میزان کلروفیل b Chlorophyll b (chl-b)	کلروفیل کل Total chlorophyll	محتوای رطوبت نسبی Relative water content (RWC)	شاخص سطح برگ Leaf area index (LAI)	شاخص برداشت Harvest index (HI)
Replication (R)	بلوک	2	221.31^{ns}	4685.96^{ns}	1306669.23^{ns}	251409.78^{ns}	380986.83^{ns}	789.56**	4718664.67^{ns}	64.66^{ns}
Stress (S)	تنش	1	707.09*	8886.24*	33563.83^{ns}	31027.64^{ns}	59162.47^{ns}	2459.17**	13834796.30^{ns}	40.24^{ns}
Error a	خطای اول	2	30.67	423.60	15803.37	59704.21	77428.32	0.68	2343119.43	333.28
Genotype (G)	ژنوتیپ	7	113.46**	4110.84**	24313.16^{ns}	39550.66^{ns}	62330.33^{ns}	70.52^{ns}	5569350.05**	260.18*
S × G	تنش × ژنوتیپ	7	50.75^{ns}	239.80^{ns}	23320.74^{ns}	67036.75^{ns}	99539.75^{ns}	88.15^{ns}	1439627.96^{ns}	139.19^{ns}
Error b	خطای دوم	28	29.73	279.88	42013.76	63089.42	101916.34	90.11	1049277.50	96.43
CV. (%)	ضریب تغییرات	2	40.39	28.81	35.64	32.91	33.36	16.28	50.42	25.13

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیا

Table 2. Mean comparison of agronomic and physiological traits of bean genotypes

ژنوتیپ Genotype		مقاومت روزنه‌ای Stomata resistance	تعداد نیام در بوته Pod umber per plant	وزن نیام خشک در بوته Weight of dry pod per plant (g)	تعداد دانه در نیام Seed number per pod	وزن خشک بوته Dry weight of plant (g)	وزن صد دانه 100-seed weight (g)	عملکرد دانه تک بوته Seed yield per plant (g)	عملکرد بیولوژیک تک بوته Biological yield per plant (g)	شاخص سطح برگ Leaf area index (LAI)	شاخص برداشت Harvest index (%) (HI)
K85		15.35b	13.80c	30.30ab	28.23d	18.32def	82.67a	14.57ab	48.62cd	1923abc	46.43a
R89		38.12a	9.80c	13.35b	18.80d	5.34f	43.65b	5.33b	18.69e	386c	44.46ab
K64		31.67ab	30.33ab	37.44a	97.30a	35.03bc	29.46b	15.29a	72.46bc	2031abc	31.91bc
K69		27.67ab	21.86bc	26.71ab	54.60bc	31.20bcd	34.71b	11.67ab	57.91bcd	1729abc	36.03abc
Goli	قرمزگلی	16.58b	35.80a	42.14a	73.07ab	61.36a	40.90b	18.88a	103.50a	3535a	30.08c
Sadri	صدری	26.93ab	8.99c	26.30ab	38.22cd	11.88ef	42.86b	10.64ab	38.18de	1490bc	43.72ab
Pak	پاک	20.73b	22.01bc	25.00ab	71.58ab	22.56cde	30.11b	13.52ab	47.57cd	2060abc	45.23a
Dorsa	درسا	21.75b	29.07ab	36.48a	65.01ab	41.07b	42.07b	18.08a	77.55ab	3097ab	34.66abc

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Means with common letters in each column are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیا

Table 3. Simple correlation coefficients between agronomic and physiological traits of bean genotypes

صفات Traits	تعداد روزنه در سطح رویین برگ Number of stomata on the upper leaf surface	تعداد روزنه در سطح زیرین برگ stomata resistance	مقاومت روزنه‌ای Stomata resistance	تعداد نیام در بوته Pod umber per plant	وزن نیام خشک در بوته Weight of dry pod per plant	تعداد دانه در نیام Seed number per pod	وزن خشک بوته Dry weight of plant	وزن صد دانه 100-seed weight	عملکرد دانه تک بوته Seed yield per plant	عملکرد بیولوژیک تک بوته Biological yield per plant	میزان کلروفیل a Chlorophyll a (chl-a)	میزان کلروفیل b Chlorophyll b (chl-b)	کلروفیل کل Total chlorophyll	محتوای رطوبت نسبی Relative water content (RWC)	شاخص سطح برگ Leaf area index (LAI)
Number of stomata on the underside of leaf	0.528**														
Stomata resistance	0.013	0.028													
Pod umber per plant	-0.090	0.026	-0.319*												
Weight of dry pod per plant	-0.077	-0.067	-0.442**	0.799**											
Seed number per pod	-0.022	-0.005	-0.364*	0.862**	0.734**										
Dry weight per plant	-0.057	0.076	-0.410**	0.839**	0.726**	0.743**									
100-seed weight	0.038	-0.062	-0.283	-0.061	0.153	-0.274	-0.065								
Seed yield per plant	-0.114	-0.112	-0.501**	0.826**	0.891**	0.749**	0.707**	0.300*							
Biological yield per plant	-0.071	0.011	-0.457**	0.883**	0.917**	0.795**	0.940**	0.038	0.852**						
Chlorophyll a (chl-a)	-0.140	0.030	0.066	-0.140	-0.121	-0.110	-0.118	0.067	-0.084	-0.129					
Chlorophyll b (chl-b)	-0.141	0.030	0.062	-0.155	-0.131	-0.125	-0.137	0.067	-0.093	-0.145	0.988**				
Total chlorophyll	-0.141	0.030	0.063	-0.150	-0.128	-0.120	-0.130	0.067	-0.090	-0.139	0.995**	0.998**			
Relative water content (RWC)	0.407**	0.297*	0.404**	-0.164	-0.47	-0.099	-0.217	-0.092	-0.147	-0.150	-0.100	-0.104	-0.103		
Leaf area index (LAI)	-0.075	-0.069	-0.403**	0.751**	0.714**	0.627**	0.696**	0.161	0.785**	0.758**	-0.054	-0.072	-0.065	-0.144	
Harvest index (HI)	-0.049	-0.213	-0.022	-0.110	0.018	-0.133	-0.354*	0.426**	0.205	-0.196	0.070	0.063	0.066	-0.071	0.008

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

جدول ۴- مدل نهایی حاصل از تجزیه رگرسیونی عملکرد دانه

Table 4. The final regression model based on seed yield

مدل استاندارد Standard model	همبستگی چندگانه (R)	ضریب تبیین (R^2)
(تعداد دانه در نیام) ۰/۱۳۳ + (وزن صد دانه) ۰/۱۲۷ + (شاخص سطح برگ) ۰/۰۰۰۱ + (وزن نیام خشک در بوته) ۰/۱۸۴ + ۶/۵۵۲- = عملکرد دانه Seed yield = -6.552 + 0.184 (Weight of dry pod per plant) + 0.001 (Leaf area index) + 0.127 (100-seed weight) + 0.133 (Seed number per pod)	0.95	0.91

جدول ۵ – تجزیه علیت صفات موثر بر عملکرد دانه

Table 5. Path analysis of effective traits on the seed yield

Traits	صفات	اثر مستقیم Direct effect	Indirect effect اثر غیر مستقیم وزن نیام خشک در بوته Weight of dry pod per plant	تعداد دانه در نیام Seed number per pod	وزن صد دانه 100-seed weight	شاخص سطح برگ Leaf area index	ضریب همبستگی Correlation coefficient
Weight of dry pod per plant	وزن نیام خشک در بوته	0.387	-	0.328641	0.051251	0.124214	0.891**
Seed number per pod	تعداد دانه در نیام	0.448	0.283893	-	-0.092085	0.109072	0.749**
100-seed weight	وزن صد دانه	0.336	0.059030	-0.122780	-	0.028052	0.300*
Leaf area index	شاخص سطح برگ	0.174	0.276270	0.280830	0.054170	-	0.785**

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

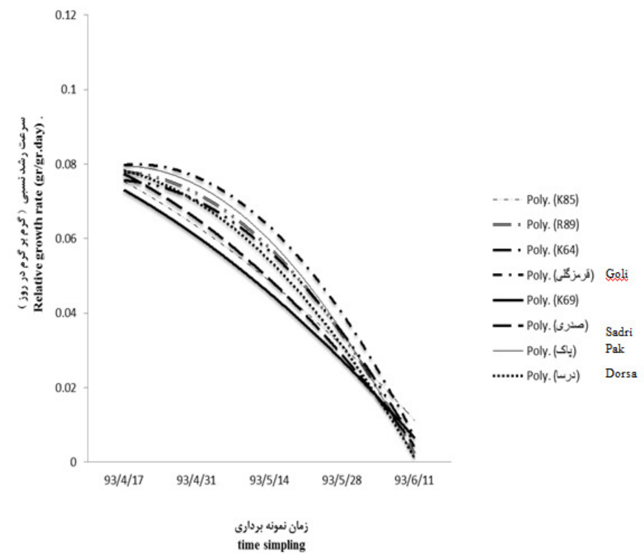
* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

آزمایش فرج زاده (Farajzade, 2011) نیز تعداد دانه در نیام بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. تعداد دانه در نیام از طریق وزن نیام خشک در بوته اثر غیرمستقیم مثبت و قابل توجهی بر عملکرد دانه داشت (۰/۲۸۳). یوسل و همکاران (Yucel *et al*., 2006) نیز در مطالعه ۱۶ رقم لوبیا اثر مستقیم تعداد دانه در نیام را با عملکرد مثبت گزارش کردند. وزن نیام خشک در بوته بعد از تعداد دانه در نیام، بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه داشت (۰/۳۸۷) و از طریق تعداد دانه در نیام بیشترین تاثیر خود را به صورت غیر مستقیم روی عملکرد دانه اعمال کرد (۰/۳۲۸). صفت شاخص سطح برگ نسبت به سه صفت دیگر از اهمیت زیادی برخوردار نبود.

سرعت رشد نسبی در شرایط تنش و بدون تنش: بر اساس شکل ۱ مشاهده می‌شود که سرعت رشد نسبی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی متفاوت بود. اعمال تنش بر ژنوتیپ‌ها با توجه زمان پرشدن غلاف آن‌ها متفاوت بود، که زمان تنش بر ژنوتیپ‌ها از نمونه‌برداری دوم شروع و تا نمونه‌برداری آخر ادامه داشت. با اعمال تنش سرعت رشد نسبی در ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. در بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ قرمزگلی از بیشترین سرعت رشد نسبی برخوردار بود و در این ژنوتیپ کاهش سرعت رشد نسبی روند کندتری داشت. گزارش‌های قاسمی گلعذانی (Ghasemi Golozani *et al*., 1997) و توکلی و همکاران (Tavakoli *et al*., 1989) نیز نشان‌دهنده کاهش رشد نسبی لوبیا در شرایط تنش خشکی بود. در شرایط بدون تنش (شکل ۲) نیز مشاهده می‌شود بیشترین سرعت رشد نسبی مربوط به رقم قرمزگلی بود. در ابتدای فصل رشد، میزان سرعت رشد نسبی به علت نفوذ نور بیشتر، سایه‌اندازی کمتر برگ ها و فتوسنتز خالص، بالاتر است (Karimi and Siddigue, 1991).

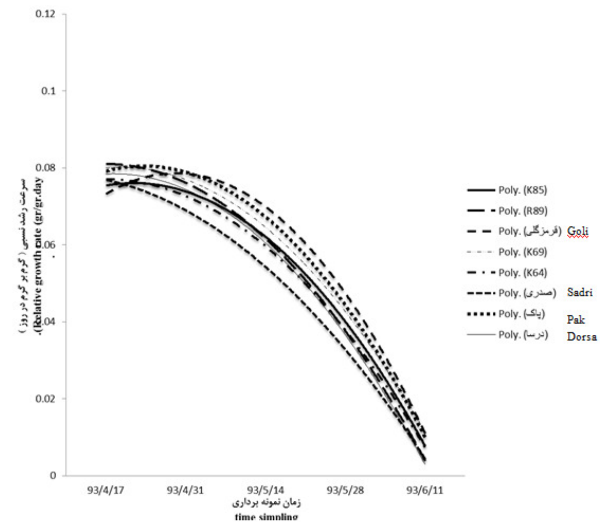
سرعت رشد محصول در شرایط تنش و بدون تنش: تمامی ژنوتیپ‌ها بعد از اعمال تنش که از نمونه‌برداری اول تا نمونه‌برداری آخر با توجه به زمان پر شدن غلاف درهر ژنوتیپ انجام شد، سیرکاهشی در سرعت رشد محصول داشتند. در بین ژنوتیپ‌ها، کاهش سرعت رشد محصول در ژنوتیپ K64 روند کندتری داشت و بیشترین سرعت رشد متعلق به ژنوتیپ قرمزگلی بود (شکل ۳). گزارش‌های سیواکومار و شاو (Sivakumar and Shaw, 1978) نیز حاکی از آن است که در شرایط تنش خشکی و با کاهش پتانسیل آبی گیاه، سرعت رشد گیاه به دلیل افزایش شدت تنفس و کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد. همان طور که مشاهده می‌شود در حالت بدون تنش رقم قرمزگلی بیشترین سرعت رشد محصول و ژنوتیپ R89 کمترین سرعت رشد را نشان داد (شکل ۴). به نظر می‌رسد با افزایش سطح برگ در شرایط بدون تنش، نور بیشتری توسط گیاه دریافت می‌شود که به علت فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد گیاه نیز افزایش می‌یابد.

شاخص‌های مقاومت به خشکی: از نظر



شکل ۱- سرعت رشد نسبی ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش

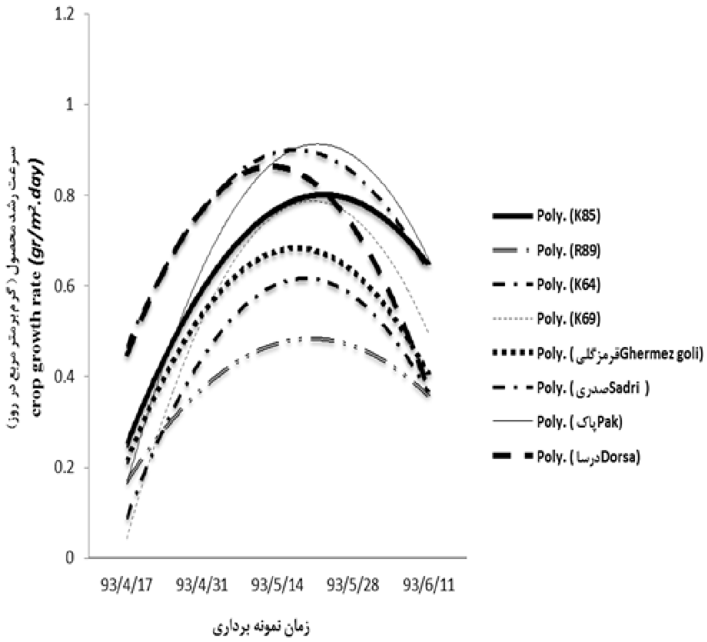
Fig. 1. Relative growth rate of bean genotypes in stressed conditions



شکل ۲- سرعت رشد نسبی ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط بدون تنش

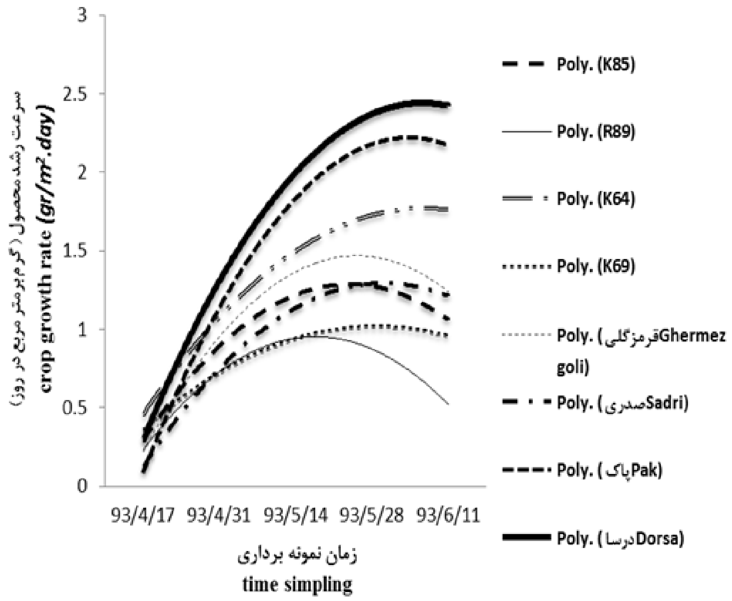
Fig. 2. Relative growth rate of bean genotypes in non-stressed conditions

شاخص‌های SSI و TOL ژنوتیپ K69 کمترین مقدار را داشت و بیشترین میزان متعلق به رقم درسا بود که بیانگر حساسیت بالای این ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی است. انتخاب بر اساس شاخص SSI باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که متحمل به تنش هستند ولی پتانسیل عملکردشان کم است و همچنین انتخاب بر اساس TOL باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکردشان در محیط بدون تنش پایین است (Fernandez, 1992). لذا این شاخص‌ها قادر



شکل ۳- سرعت رشد محصول ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش

Fig. 3. Crop growth rate of bean genotypes in stressed conditions



شکل ۴- سرعت رشد محصول ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط بدون تنش

Fig. 4. Crop growth rate of bean genotypes in non-stressed conditions

به تشخیص ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عملکرد بالایی دارند نیستند. بر اساس نظر فرناندز (Fernandez, 1992) بهترین شاخص‌ها، شاخص‌هایی هستند که دارای همبستگی مثبت و

بالایی با عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و بدون تنش باشند که با توجه به نتایج ماتریس همبستگی (جدول ۶) ملاحظه می‌شود که شاخص‌های GMP، MP، STI و HARM دارای چنین ویژگی بوده و به عنوان شاخص‌های برتر شناخته شدند. ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi *et al*., 2010) در لوبیا نیز این شاخص‌ها را به عنوان شاخص‌های برترمعرفی کردند. با توجه به ژنوتیپ‌های برتر هر شاخص (جدول ۷)، ژنوتیپ‌های برتر مشترک بر اساس شاخص‌های برتر انتخاب شدند که شامل قرمزگلی، درسا و K64 بودند. اشنایدر و همکاران (Schneider *et al*., 2004) پیشنهاد می کنند که در ابتدا انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر بالای شاخص تحمل به خشکی انجام شود و سپس به منظور حصول اطمینان از بقای عملکرد تحت شرایط تنش، از بین ژنوتیپ‌های انتخاب شده، آن‌هایی که دارای مقادیر بالای YS هستند انتخاب شوند. بر این اساس لوبیا قرمزگلی که بیشترین مقدار YS را داشت، به عنوان ژنوتیپ متحمل این تحقیق شناسائی شد.

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های مقاومت

Table 6. Correlation coefficient between yield and tolerance indices

شاخص‌ها Indices	عملکرد در محیط نرمال YP	عملکرد در محیط تنش YS	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص میانگین هندسی بهره‌وری GMP	شاخص تحمل TOL	شاخص میانگین بهره‌وری MP	شاخص تحمل به خشکی STI
YS	0.551						
SSI	0.692	-0.189					
GMP	0.906**	0.851**	0.347				
TOL	0.918**	0.175	0.906**	0.664			
MP	0.964**	0.752*	0.486	0.985**	0.780**		
STI	0.914**	0.798*	0.422	0.983**	0.700	0.975**	
HAR	0.815*	0.929*	0.187	0.984**	0.520	0.938**	0.959**

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

به طور کلی، بیشترین اثر مستقیم و مثبت در جهت افزایش عملکرد دانه مربوط به صفت تعداد دانه در نیام بود، بنابراین می‌توان از این صفت برای گزینش ژنوتیپ‌های لوبیا استفاده کرد. براساس نتایج به دست آمده، شاخص‌های GMP، MP، STI و HARM به عنوان بهترین شاخص‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش کم آبی شناسایی شدند. همچنین نتایج آزمایش نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود دارد و از

جدول ۷- ژنوتیپ‌های برگزیده لوبیا بر اساس شاخص‌های مقاومت به خشکی
Table 7. Selected genotypes of bean based on drought resistance indices

Indicatiors	شاخص‌ها	Genotyps	ژنوتیپ‌ها
YP	عملکرد در محیط نرمال	Dorsa and Goli	درسا و قرمز گلی
YS	عملکرد در محیط تنش	K64 and Goli	K64 و قرمز گلی
SSI	شاخص حساسیت به تنش	K69 and Sadri	K69 و صدری
TOL	شاخص تحمل	K69 and R89	K69 و R89
MP	شاخص میانگین بهره‌وری	Dorsa and Goli	درسا و قرمز گلی
STI	شاخص تحمل به تنش	Dorsa and Goli	درسا و قرمز گلی
GMO	شاخص میانگین هندسی بهره‌وری	Dorsa and Goli	درسا و قرمز گلی
HARM	شاخص میانگین هارمونیک بهره‌وری	K64 and Goli	K64 و قرمز گلی

بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش، رقم قرمزگلی با دارا بودن صفات مطلوب و توان تولید بالا می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

از مسئولین و کارکنان ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز به خاطر کمک در اجرای این آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology 24: 1-15.

Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Costa-Franca, M. G., Thi, A. T., Pimentel, C., Pereyra, R. O., Zuily-Fodil, Y., and Laffray, D. 2000. Differences in growth and water relations among Phaseolus vulgaris cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botang 43: 227-237.

Debaeke, P., and Abdellah, A. 2004. Adaptation of crop management to water limited environments. European Journal of Agronomy 21: 433-446.

Dursun, A. 2007. Variability, heritability and correlation studies in common bean genotypes. World Journal of Agricultural Sciences 4(1): 12-16.

Ebrahimi, M., Bihamta, M. R., Hosseinzadeh, A. H., Khiyalparast, F., and Golpashi, M. 2010. Evaluation of reaction yield and yield components of white bean genotypes under water stress. Iranian Journal of Field Crops Research 8(2): 347-358. (in Persian).

Farajzade, N. 2011. Reaction of bean genotypes in viewpoint of physiologic characters to drought stress at flowering stage, M. Sc. Thesis, College of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. 122 pp. (in Persian).

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.). Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Taiwan.

Fraham, M. A., Rosas, J. C., Mayek- Peraz, N., Lopez- Salinas, E., Acosta- Gollegos, A., and Kelly, J. P. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the low land tropics. Euphytica 136 (2): 223-232.

Ghasemi Golezani, K., Mohammadi, S., Rahimzadeh, P., and Moghaddam, M. 1997. Quantitative connection between density and yield of three chickpea cultivars on different planting dates. Journal of Plant Physiology and Breeding 7: 59-73 (in Persian).

Graham, P. H., and Ranalli, P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research 53: 131-146.

Halterlein, A. J. 1983. Bean. pp. 175-185. In: Teare, I. D., and Peet, M. M. (eds.). Crop Water Relations. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.

Hungria, M., Andrade, D. de S., Chueire L. M. de O., Probanza, A., Guttierrez- Manero, F. J., and Megias, M. 2000. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. Soil Biology and Biochemistry 32: 1515-1528.

Karimi, M. M., and Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 13-20.

Koocheki, A., and Banayaneaval, M.1995. Planting Grains, Third ed. Mashhad Jahad- e- Daneshgahi Publications, Mashhad, Iran (in Persian).

Koocheki, A. R., Yazdansepas, A., and Nikkhah, H. R. 2006. Effect of terminal

drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 8: 14-29 (in Persian).

Latifi, N. 1994. Planting Soybean. Mashhad Jahad-e-Daneshgahi Publications, Mashhad, Iran (in Persian).

Sajedi, N., and Ardakani, M. R. 2008. Effect of different rates of nitrogen, zinc and ferro fertilizers on physiologic indices of corn in markazi province. 2008. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 347-358. (in Persian).

Schneider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Pere, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, P., Ramirez-Vallejo, J. A., Wassimi, N., and Kelly, J. D. 2004. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 37: 43-50.

Sivakumar, M. V. K., and Shaw, R. H. 1978. Methods of growth analysis in field grown soybean (*Glycine max* L. Merill). Annals of Botany 42: 213-222.

Tavakoli, H., Karimi, M., and Mousavi, S. F. 1989. Effect of irrigation regimes on vegetative and reproductive components of corn. Iranian Journal of Agricultural Sciences 22: 35-46 (in Persian).

Yucel, D. O., Anlorrsal, A. E., and Yucel, C. 2006. Genetic variability, correleation and path analysis of chick pea. Turkish Journal of Agriculture 24: 183-188.